

[11] 公开号 CN 1117203A

[19] 中华人民共和国专利局



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 95106307.3

[51] Int. Cl⁶

H01L 21/304

[43] 公开日 1996 年 2 月 21 日

[22] 申请日 95.5.17

[30] 优先权

[32] 94.5.18 [33] US[31] 245,592

[71] 申请人 MEMC 电子材料有限公司

地址 美国密苏里

[72] 发明人 维波·克里斯纳

迈克尔·S·威斯尼斯基

洛伊斯·伊利希

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所

代理人 王以平

B24B 1/00

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图页数 3 页

[54] 发明名称 减小表面粗糙度的半导体晶片的粗抛方法

[57] 摘要

本发明提供一种粗抛方法，以降低细抛之前晶片的表面粗糙度，包括：将抛光液施加于抛光材料；在晶片相对于抛光材料运动时，使抛光材料和抛光液与晶片表面接触，以降低晶片的低频表面粗糙度；将第二种抛光液施加于抛光材料；在晶片相对于抛光材料运动时，使抛光材料和第二种抛光液与晶片表面接触，以进一步降低低频表面粗糙度，其中在粗抛之后，以光干涉仪按 1mm × 1mm 作扫描所测得的晶片平均表面粗糙度不大于 1.0nm Ra。

(BJ) 第 1456 号

权 利 要 求 书

1. 一种在细抛半导体晶片之前粗抛晶片以降低晶片表面粗糙度的方法,该方法包括下列各步骤:

a) 向抛光材料上加抛光溶液;

b) 随着晶片相对于抛光材料运动,使抛光材料和抛光溶液与晶片表面接触,以降低晶片的低频表面粗糙度;

c) 向抛光材料上加第二种抛光溶液;

d) 随着晶片相对于抛光材料运动,使抛光材料和第二种抛光溶液与晶片表面接触,以进一步降低晶片的低频表面粗糙度,在粗抛之后,用光学干涉仪按 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 作扫描测量,其中晶片的平均表面粗糙度不大于 1.0nm Ra 。

2. 如权利要求 1 的方法,其中的低频表面粗糙度,在(b)步骤中被降至不大于 2.0nm Ra ,在(d)步骤进一步被降至不大于 1.0nm Ra 。

3. 如权利要求 1 或 2 中任一项的方法,其中的抛光溶液包括钠稳定胶态石英浆料和碱性腐蚀剂。

4. 如权利要求 1 到 3 中任一项的方法,其中的第二抛光溶液包括氨稳定胶态石英浆料和碱性腐蚀剂。

5. 如权利要求 1—4 中任一项的方法,进一步包括对晶片加酸性溶液和用水冲洗晶片的步骤,以便在粗抛之后抑制第二抛光溶液。

6. 如权利要求 1—4 中任一项的方法, 其中的晶片在向抛光材料上加第二溶液之前, 不用酸性溶液处理。

7. 如权利要求 3 或 4 中任一项的方法, 其中的碱性腐蚀剂是一种胺加强的苛性碱溶液, 其 pH 值约为 11—14。

8. 如权利要求 5 的方法, 其中的酸性溶液包括一种有机酸或无机酸和一种聚醚多羟基化合物。

9. 如权利要求 1—8 中任一项的方法, 其中的半导体晶片是硅片, 在步骤(b)过程中去掉约 $16\mu\text{m}$ — $18\mu\text{m}$ 的硅, 在步骤(d)中, 去掉约 $2\mu\text{m}$ — $4\mu\text{m}$ 的硅。

10. 如权利要求 1—9 中任一项的方法, 其中的低频表面粗糙度在步骤(b)被降至约 1.2nm Ra—约 2.0nm Ra, 在步骤(d)被进一步降至约 0.5nm Ra—约 0.8nm Ra。

说明书

减小表面粗糙度的半导体晶片的 粗抛方法

本发明一般涉及半导体晶片的粗抛方法，特别涉及一种减小晶片表面粗糙度的粗抛硅片的方法。

抛光的半导体晶片是由单晶锭块制备的，锭块在切成单片之前，要经过去毛边、定向修平。磨圆晶片的边缘以避免在后序加工过程中损伤晶片。然后用磨料浆处理晶片(研磨)，以去掉切片工艺所引起的表面损伤，并使各片形成平整且平行的两相对面。在研磨工艺后，使晶片经化学腐蚀，以去掉前边整形步骤中所产生的机械损伤。用胶态石英浆料和化学腐蚀剂至少抛光晶片的一侧表面，以确保晶片具有高反射的无损伤表面。然后清洗晶片并在包装之前进行检验。

对原片的磨削(stock removal)一般采用粗抛紧接着细抛的两步方法抛光硅片，以降低非镜面反射光(雾状)。非经抛光的晶片的表面上具有粗糙度的高、低频成分。由于雾状产生的高频粗糙度引起来自表面的高的光散射。粗抛和随后的细抛步骤使高、低频表面粗糙度降至最低，并减少了雾状。

用蜡将晶片粘到一陶瓷抛光砣上，然后，将抛光砣装在抛光设备的臂上，以准备抛光硅片。抛光机包括以硬聚亚胺酯浸渍的毡垫覆盖的陶瓷转盘。在普通的两步抛光工艺中，将抛光机臂降到毡垫上，而在转盘旋转的同时将钠稳定的胶态石英浆料和碱性腐蚀剂分

散到毡垫表面上。对晶片表面粗抛 8—10 分钟,从晶片表面去掉 15—20 μm 硅($\text{Si}<100>$)。

抛光是通过压力、温度、机械研磨力和化学反应的综合作用达到的。施加于硅片上的胶态研磨和压力(对裸露的硅表面约为 9 磅/英寸²),使温度升至 50—55 $^{\circ}\text{C}$,以便于化学反应,而碱性腐蚀剂加速原片磨削。当原片磨削完成后,停止供给胶态石英浆料和碱腐蚀剂。用酸性抑制(*quench*)溶液处理晶片,再用水清洗和冲洗。后来,抬起抛光臂、卸下陶瓷碗,用水冲洗,传递到细抛光机。

在细抛光工艺过程中,将陶瓷碗装到细抛光机臂上,下降至陶瓷转盘上的软聚亚胺酯垫上。旋转转盘,同时把氨稳定胶态石英浆料和碱性腐蚀剂分散到毡垫上。用对硅约 5 磅/英寸²的压力和 30—37 $^{\circ}\text{C}$ 的条件对晶片表面细抛光 4—6 分钟,以从晶片表面上去掉 0.2—0.5 μm 的硅($\text{Si}<100>$)。然后,停止供给胶态石英浆料和碱腐蚀剂。晶片用前述的酸抑制溶液处理并用水清洗。抬起抛光臂,卸下陶瓷碗。用水清洗晶片,从碗上卸下片子然后装入聚四氟乙烯盒中,传递清洁的片子。

用两步方法抛光的硅片的表面粗糙度和雾状大于用三步方法抛光的晶片。在三步方法中,在细抛之前,使片子经过中抛。进行中抛以进一步降低粗糙度的低频部分,提供较平滑的晶片。在让转盘旋转并对片子施加钠稳定胶态石英浆料之际,在 35—45 $^{\circ}\text{C}$ 、4.3—5.7 磅/英寸²的条件下,经 20 分钟,完成对 $\text{Si}<100>$ 15—20 μm 的毛坯磨削。在晶片经抑制和水洗之后,将陶瓷碗卸下并传送到另一抛光机,以进行中间毛坯磨削。中间抛光是使用较软的垫料在 2.1—2.8 磅/英寸²的低压力、28—32 $^{\circ}\text{C}$ 的较低温度下进行的,经过 10 分钟去

掉 $2-4\mu\text{m}$ 的 $\langle 100 \rangle$ 硅。在陶瓷碗卸下并传送到细抛机前晶片经抑制及水洗。再用氨水稳定的胶态石英浆在高级细毛毡垫上对晶片细抛8—10分钟($28-32^{\circ}\text{C}$, 1.4 磅/英寸², 30rpm), 以获得清晰的晶片表面。然后用酸抑制溶液处理晶片, 再用水清洗。抬起抛光臂, 卸下陶瓷碗, 用水清洗晶片, 从碗取下晶片, 将晶片存贮、传递以便清洗。

三步抛光法改善了抛光晶片的表面粗糙度雾状。与三步工艺相关的缺点是中抛工艺导致的额外成本, 而且由于附加的抛光操作使工艺变得复杂。

因此, 需要一种简单、经济的能提供具有较小表面粗糙度的晶片的粗抛方法。

本发明的主要目的在于提供一种既改善晶片表面的粗糙度又不降低工艺的处理量的抛光半导体晶片的方法。就此而论, 本发明的相关目的在于在完成原片磨削之际提供改善了的晶片表面粗糙度、当细抛之际提供表现出雾状降低的晶片。

本发明的另一目的在于提供一种简单、经济的粗抛半导体晶片的方法, 无需将晶片传送给另一抛光机以完成原片磨削阶段。

从下面详细说明, 将明了本发明的其它目的及优点。

根据本发明, 提供一种在细抛之前降低晶片表面的粗糙度的粗抛半导体晶片的方法来实现前述目的, 该方法包括: 将一种抛光溶液加于抛光材料上; 随着晶片相对于抛光材料的运动使抛光材料和抛光液与晶片表面接触, 以降低晶片的低频表面粗糙度; 将第二种抛光溶液施加于该抛光材料, 随着晶片相对于抛光材料的运动, 使抛光材料和第二种抛光液与晶片表面接触, 以进一步降低低频表面粗糙度, 其中晶片的平均表面粗糙度不大于 1.0nm Ra , 这是在粗抛之后用

光干涉仪按 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 扫描测得的。

在一优选实施例中，半导体晶片由硅组成。抛光液包括钠稳定胶态石英浆料和碱性腐蚀剂。第二种抛光液包括氨水稳定胶态石英浆料。以硬聚亚胺酯浸渍的毡垫作抛光材料。在第一步粗抛后，低频表面粗糙度最好降低到不大于 2.0mm Ra ，在第二步抛光后，进一步降低到不大于 1.0mm Ra 。

该方法可以包括将酸性溶液施加到晶片上、然后用水清洗的步骤，以在粗抛晶片之后抑制第二抛光液。在把第二种抛光液施加到抛光材料上之前最好不用酸性溶液处理，也不用水冲洗。

碱性腐蚀剂最好是 pH 值范围为 11—14 的胺加强的苛性碱溶液。优选的腐蚀剂包括氢氧化钾和亚乙基二酰胺。优选的酸性溶液包含一种有机酸或无机酸和聚醚多羟基化合物。

图 1 表示每批抛光片的平均粗糙度，图中的 1A—8A 代表用本发明的方法抛光的晶片，1B—8B 代表以常规的方法抛光的晶片。

图 2 表示每个晶片上大于 $0.15\mu\text{m}$ 的光点缺陷 (LPD) 的量，其中 □ 代表用常规方法抛光的晶片，而 ■ 代表用本发明的方法抛光的晶片。

图 3 描绘每个晶片上大于 $0.15\mu\text{m}$ 的 LPD 数，其中 ■ 代表用常规方法抛光的晶片，而 □ 代表用本发明的方法粗抛的晶片。

根据本发明，披露了可在细抛光之前，采用两步原片磨削步骤在同一抛光机上抛光半导体晶片的技术。如此抛光后的半导体晶片的表面粗糙度小于常规方法抛光的晶片，并可快速抛光。用本发明的方法粗抛光的晶片，当用光学干涉仪进行 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 扫描测量时，表现出的平均表面粗糙度小于 1.0nm Ra 。

下面指出的抛光时间适用于由晶向为 $\langle 100 \rangle$ 的硅构成的p型半导体晶片。如果采用取向为 $\langle 111 \rangle$ 的硅,则其抛光更为困难,将要求较长时间的抛光。取向为 $\langle 110 \rangle$ 的硅比取向为 $\langle 100 \rangle$ 的硅容易抛光,要求较短的抛光时间。 n^- 型晶片也要求较短的抛光时间,因为它比p型晶片腐蚀得快些。但是,对 n^+ 型晶片将要较长的抛光时间,因为它的腐蚀速度较低。

本发明侧重于半导体晶片(如硅片)在细抛之前的粗抛光方法。在对硅片粗抛之前,用蜡将它粘在陶瓷抛光碗上,再把碗装在粗抛光机的臂上。当粗抛开始时,使抛光臂下降直至与抛光机的陶瓷转盘上的硬垫相接触。然后使转盘旋转,同时将钠稳定胶态石英浆料和碱性腐蚀剂分散到毡垫的表面上。对于p型晶片,在约9磅/英寸²、约50—55℃的条件下粗抛晶片表面约400—600秒。这第一次粗抛从晶片表面去掉约16—18 μm 的硅($\text{Si}\langle 100 \rangle$),将晶片的低频表面粗糙度降到2.0nm Ra以下。在此抛光步骤中最好使低频表面粗糙度降至1.2nm Ra—2.0nmRa。为了本发明的目的,用Nomarski显微镜(放大率50X)或用带有一个10倍的放大头的Wyko—2D显微镜所观测的低频表面粗糙度,横向宽度为100 μm ~1mm,纵向峰谷比测量不超过15nm。用光散射仪器或AFM测量到的高频表面粗糙度为雾状,其横向宽度约在1 μm —10 μm ,纵向峰谷比测量不超过3nm。

钠稳定胶态石英浆料在本领域中是公知的,并公开于US专利No. 3,170,273中。Syton HT—50,一种优选的钠稳定的浆料(E. I. duPont de Nemours & Company产,市售品),其石英含量在49.2—50.5%,粒度为35—50 μm 。钠稳定胶态石英浆料以约50

—80 毫升/分的流量分散。

碱性腐蚀剂最好是胺加强的苛性碱溶液，其 pH 值约在 11—14 范围内。适用的腐蚀液可包括重量百分比为约 1.0—约 1.5 的氢氧化钾和重量百分比为约 0.5—约 1.3 的亚乙基二酰胺，余量为蒸馏水。在胶态石英浆料开始流入约 12 秒之后，开始流入碱性腐蚀剂，并在胶态石英浆料流停止后再延续约 60 秒。所提供的碱性腐蚀剂流量在约 80—约 120 毫升/分的范围内。虽然在原片磨削之后不要求使用碱性腐蚀剂，但在同一粗抛机上不用碱性腐蚀所抛光的晶片之间的原片磨削上却存在很大差异。

最好将钠稳定胶态石英浆料和碱性腐蚀剂分散到硬聚亚胺酯浸渍的毡垫上，诸如 Suba H2 垫 (Rodel of Scottsdale, Arizona 产，市售品)。适且于粗抛或细抛的抛光垫是公知的现有技术。

当停止钠稳定胶态石英浆料时，立刻在 9 磅/英寸²、59—60℃ 的条件下将氨水稳定胶态石英浆料引入到硬垫上约 60—约 150 秒。第二粗抛步骤从晶片表面上去掉约 2—约 4μm 的硅 <100>，并进一步使低频表面粗糙度减小到不大于 1.0nm Ra。最好把低频表面粗糙度降到约 0.5—约 0.8nm Ra。

将在粗抛过程的第二步骤用的浆料与碱性腐蚀剂一起施加到晶片上，持续约 60 秒。然后，减缓腐蚀剂的流动，以使由腐蚀剂所能引起的晶片表面的劣化减至最小。浆料可持续供给约 90 秒。对 p⁺ 型晶片浆料的供应时间最好更长些，而对 p⁻ 型晶片用中等长度的供应时间。若浆料提供短于 60 秒，则浆料对晶片粗糙度的影响可忽略不计。

在粗抛过程的第二步骤中继续使用同一硬垫不会加速该毡垫的

劣化或降低抛光晶片的质量。第二抛光步骤进一步降低了表面粗糙度的低频成分,提供了比经过常规的两步工艺的粗抛步骤的晶片更光滑的晶片。

优选的氨稳定胶态石英浆料是 Glanzox 3900 (Fujimi Incorporated of Aichi Pref. 452, Japan, 市售品)。Glanzox 3900 的石英含量为约 8—约 10%, 颗粒大小为约 0.025—0.035 μm 。在使用前,若不稀释氨稳定石英浆料,抛光过的晶片将不如以稀释的浆料处理过的晶片平滑。但该晶片仍比用常规两步方法粗抛得到的晶片平滑。若浆料被过度稀释,晶片表面的机械研磨将失效。约 1 份石英浆料比约 10 份水的稀释是优选的。浆料最好以约 150—约 250 毫升/分的流量供给,而使用 1 份浆料对 10 份水的溶液。

用过氨稳定浆料,粗抛过程也就完成了。然后用酸性抑制溶液对晶片处理约 10—约 40 秒,中和晶片上的碱性腐蚀剂和浆料。再用流量约为 100—1000 毫升/分的水冲洗晶片约 10—30 秒。酸性抑制溶液和水冲洗可以同时施加,也可先后施加。然后抬起抛光臂、卸下陶瓷碗、冲洗晶片,将其传递到细抛光机。

酸性抑制溶液包括聚醚多羟基化合物,其平均分子量为约 100,000—1,000,000,还包括一种有机酸或无机酸或其混合物。有代表性的抑制溶液是由重量百分比为约 0.01—0.1 的聚醚多羟基化合物、重量百分比为约 0.2—0.5 的异丙醇、重量百分比为约 0.5—5 的过氧化氢稀释在水中,用乙酸或硫酸将 pH 值调节在约 3.4—约 3.6 范围内组成的。适用的聚醚多羟基化合物是 Polyox WSR N-3000,这是一种水溶性树脂(Union Carbide 产,市售品)其分子量约为 400,000。该酸性抑制溶液以约 400—800 毫升/分的流量供给。

这些粗抛过的晶片然后可用上面讨论过的常规两步工艺方法进行细抛。然而,为补偿此粗抛过程的第二步所需的额外的抛光时间,最好缩短细抛时间。对 p^+ 型晶片,一般细抛约 300 秒,接着是抑制阶段。对 p^- 型晶片,一般的细抛时间约 240 秒。

通过先将陶瓷碗装到细抛机的臂上,再使臂降至陶瓷转盘上的软垫上,并在以相对低的温度和压力提供氨稳定胶态石英浆料和碱性腐蚀剂的同时旋转转盘来细抛硅片。在 5 磅/英寸²、30—37°C 的条件下细抛晶片表面,从晶片表面除去约 0.2—0.5 μm 的硅 $\langle 100 \rangle$ 。通过将酸性抑制溶液和水冲洗溶液施加于晶片,可完成细抛过程。抬高抛光臂,卸下陶瓷碗。用水冲洗晶片,从碗上取下晶片,然后存入 Teflon 盒中,送去清洗。

半导体工业中一般所用的任何抛光机均可用于实施本发明的方法。适用的市售抛光机是 Speedfam, R. H. Strautshburgh & Westech Systems 制造的。其操作条件,如抛光时间、压力和温度将随所用的抛光机而变化。

为描述本发明的优选实施方案和实用性,举出下面的实施例,但这不意味对本发明的限制,除非在所附的权利要求中另加说明。

实施例 1

在 MEMC Mark IX 抛光机上,用常规的两步抛光方法对五批 p^- 型晶片和三批 p^+ 型晶片进行抛光。用两台粗抛机和一台细抛机抛光晶片 (200mm)。然后将这些抛光机加以改造,用于本发明的方法,对五批 p^- 型晶片和三批 p^+ 型晶片进行抛光。对常规方法和本发明的方法,为粗抛和细抛设定相同的流体流量。下面的流体流量的设定用于粗抛。

流 体	粗抛流量设定(毫升/分)
Syton HT-50	50—80
Glanzox 稀释液 (Glanzox : 水 = 1 : 10)	200
KOH/EDA 腐蚀剂	80—120
Polyox 酸抑制	800
蒸馏水冲洗	1000
轮毂喷射	10—15

对用常规的两步方法所抛光的晶片, 使用 Syton HT-50 在约 9 磅/英寸² 和 50—55℃ 的条件下粗抛约 8 分钟。然后急冷晶片约 40 秒, 同时用水冲洗约 30 秒, 然后传送至细抛机。使用 Glanzox 3900 对 p⁺ 型晶片细抛约 300 秒, 对 p⁻ 型晶片细抛约 240 秒, 运作条件为 5 磅/英寸²、30—37℃。使晶片急冷约 60 秒, 同时用水冲洗约 30 秒。粗抛和细抛分别使用 Suba H2 和 Politex 垫。

对用本发明的方法所抛光的晶片, 使用 Syton HT-50, 在 9 磅/英寸²、50—55℃ 的条件下粗抛光约 400 秒。然后停止供给 Syton HT-50, 换成供给 Glanzox 3900 流。使用相同的压力和抛光垫在 59—60℃ 用 Glanzox 3900 对晶片抛光约 120 秒。粗抛之后, 使晶片急冷约 40 秒, 同时用水冲洗约 30 秒, 然后传送至细抛机。通过与用于常规抛光晶片的相同过程细抛晶片。

用放大镜头为 10 倍的 Wyko-2D 显微镜测量每批中的六个晶片的粗糙度。测量每个晶片上的五个区域, 四个在周边, 距晶片边缘 2—3cm, 一个在晶片中部。

图 1 表明了每批抛光晶片的平均粗糙度, 其中用本发明的方法

所抛光的晶片用 1a—8a 表示,常规抛光的片用 1b—8b 表示。批号 5、6 及 8 是 p^+ 型晶片,而其余各批为 p^- 型晶片。图 1 指明了用本发明的方法所抛光的晶片始终如一地比用常规方法所抛光的晶片平滑。本发明的晶片的平均粗糙度近似为 0.72nm Ra ,几乎是常规抛光片平均粗糙度(近似 1.3nm Ra)的一半。在这些晶片上生长外延层时,对用本发明的方法所抛光的晶片来说,外延层也始终如一地平滑。

用 Tencor 6200 测量,检验一批中的 p^+ 型片,以确定其表面上的颗粒缺陷。图 2 给出了每片上的尺寸从大于 $0.15\mu\text{m}$ 到小于 $2.0\mu\text{m}$ 范围的光点缺陷 (LPD) 总数。用本发明的方法抛光得到的晶片的平均数为约 33LPD,相比之下,每个常规抛光的晶片上约为 175LPD。对生长了外延层的晶片也进行了 LPD 测试,结果如图 3 所示。常规抛光晶片的平均值约为每片 9LPD。用本发明的方法抛光的晶片的平均值约为每片 7LPD。

用本发明的工艺所抛光的晶片平均 LPD 小于常规抛光片,颗粒缺陷尺寸范围如下列表 1 所示。

表 1

(μm)	用本发明方法 抛光的晶片平 均 LPD	用常规方法 抛光的晶片 平均 LPD
$0.1 < \text{LPD} < 0.2$	360	499
$\text{LPD} > 0.2$	8.9	13.2
雾状	307	314

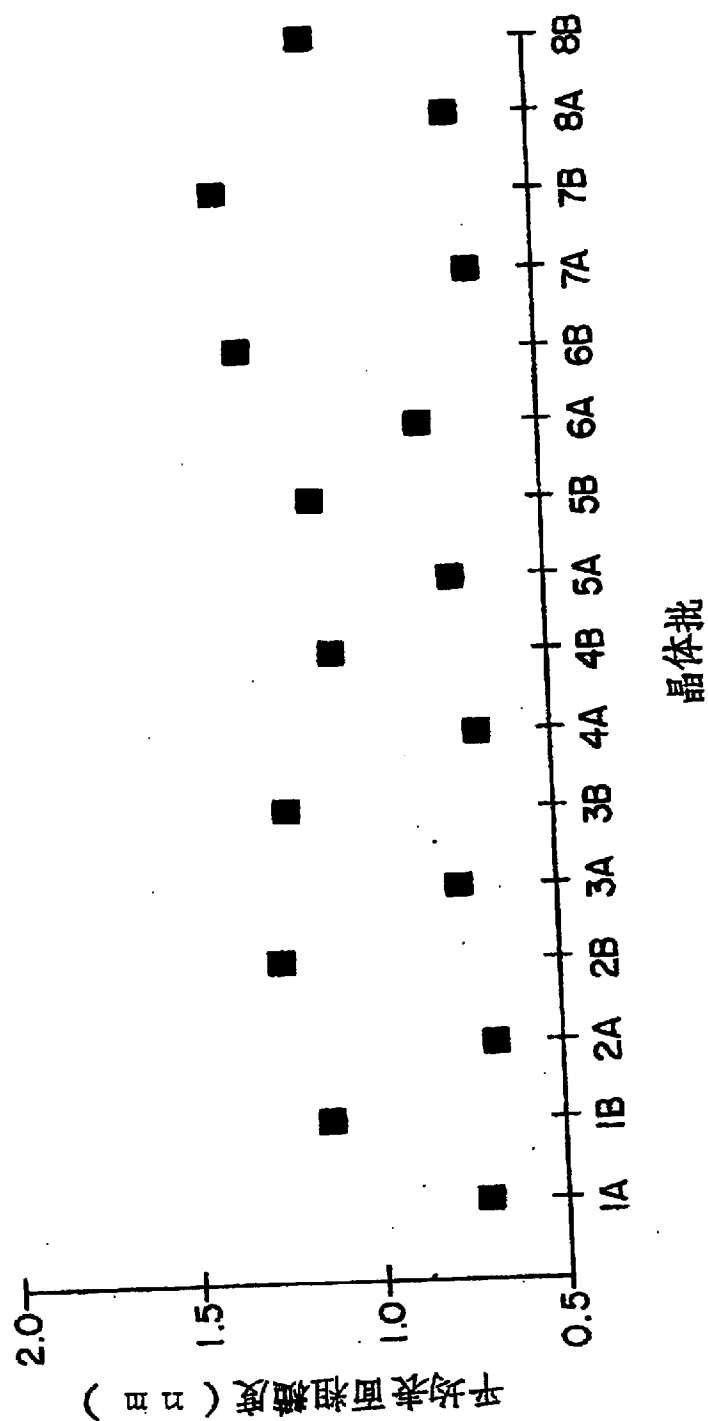
在此测试中,考查了本发明的 133 片和常规抛光的 637 片晶

片。对两种方法,其雾状的情况不相上下。

虽然通过实施例表示并详述了具体的实施方案,但本发明可以有各种变化和替代形式。应予以理解,描述具体实施例的意图不是将本发明限制在所公开的个别形式上,其本意在于包罗所有的落入由所附权利要求书所限定的本发明精神和范畴内的改型、等价方案和替代方法。

说明书附图

图1



- 1 -

图2

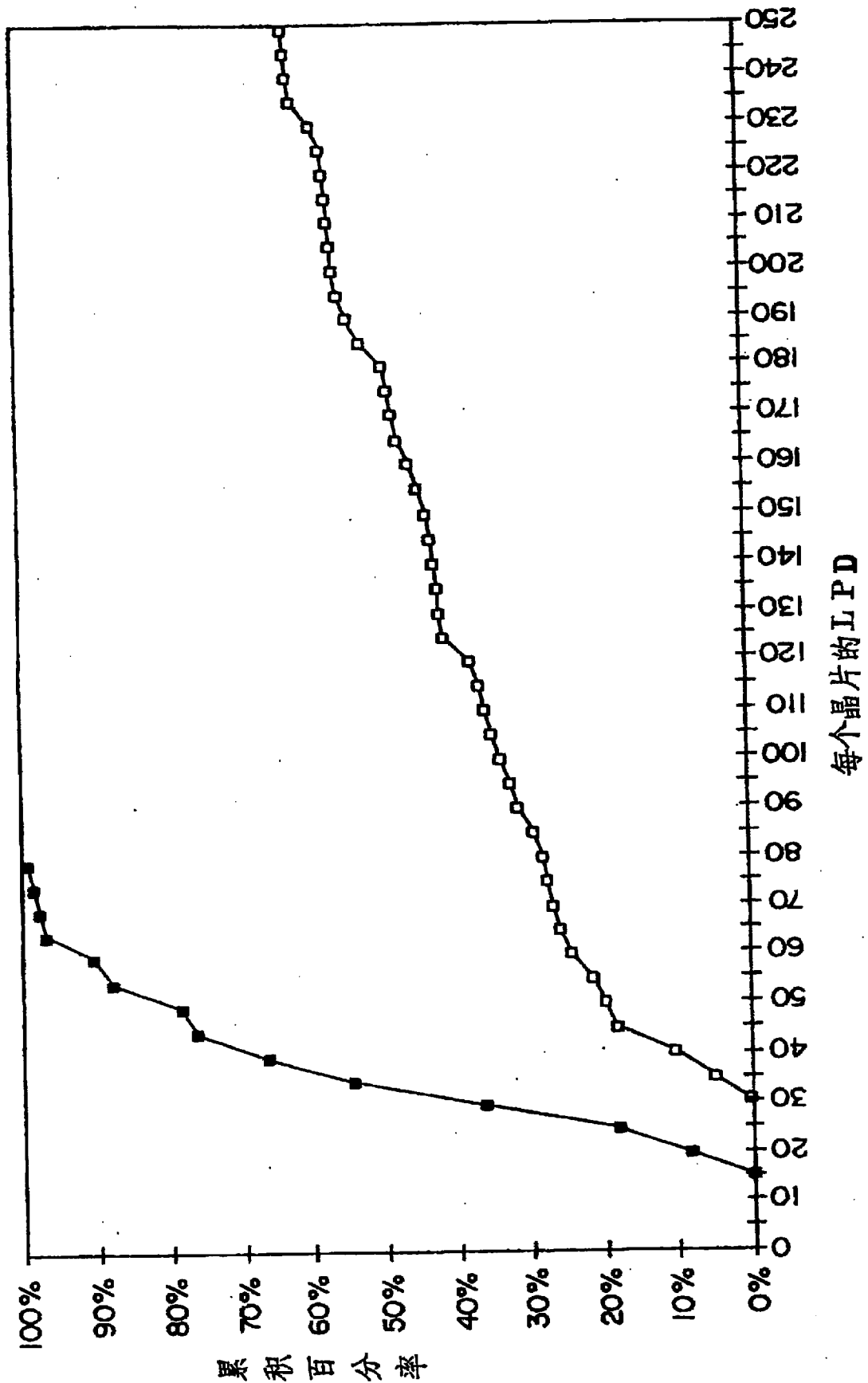


图3

